

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-255999

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月25日

(51) Int.Cl.^a

識別記号

F I

H 0 5 H 1/46

H 0 5 H 1/46

B

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/302

B

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-58677
(22) 出願日 平成9年(1997) 3月13日

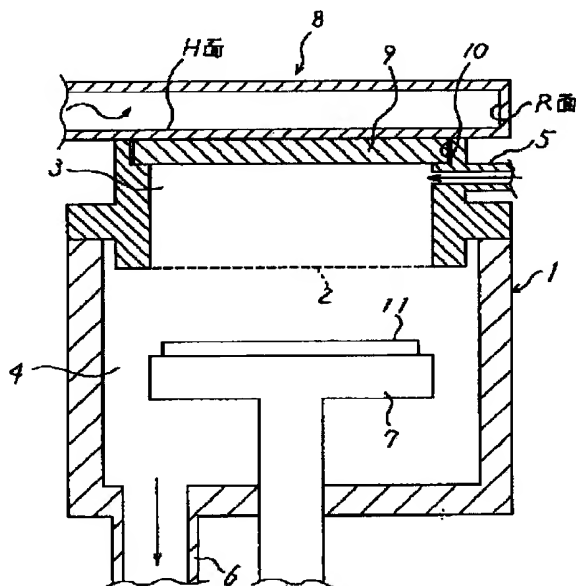
(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(72) 発明者 山内 健資
神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株
式会社東芝生産技術研究所内
(72) 発明者 青木 克明
神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株
式会社東芝生産技術研究所内
(72) 発明者 山華 雅司
神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株
式会社東芝生産技術研究所内
(74) 代理人 弁理士 外川 英明

(54) 【発明の名称】 マイクロ波励起プラズマ装置

(57) 【要約】

【課題】 マイクロ波出力及び圧力共に広い範囲で安定したプラズマをプラズマ生成室内に均一に発生することが可能なマイクロ波励起プラズマ処理装置を提供するものである。

【解決手段】 上部にプラズマ生成室、およびこのプラズマ生成室の下方に形成され、被処理部材が配置される処理室を有するチャンバと、プラズマ生成室内に処理ガスを供給するためのガス供給管と、チャンバの上壁部の開口に配置された誘電体窓と、誘電体窓を含むチャンバの上壁部に配置され、マイクロ波の電界方向に垂直な面 (H面) が誘電体窓に対向し、マイクロ波の電界方向に平行な面 (E面) がH面に対して垂直方向に伸び、かつマイクロ波導入側と反対側にH面およびE面に対して垂直に設けられたマイクロ波を反射する反射面を有する矩形形状の導波管とを具備し、誘電体窓は、その厚みをマイクロ波の波長の半波長の $n/2$ 倍 (n は整数) としたことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】マイクロ波を発振するマイクロ波発振器と、
上部にプラズマ生成室、およびこのプラズマ生成室の下方に形成され、被処理部材が配置される処理室を有するチャンバと、
前記プラズマ生成室内に処理ガスを供給するためのガス供給管と、
前記チャンバの上壁部の開口に配置された誘電体窓と、
前記誘電体窓を含む前記チャンバの上壁部に配置され、
マイクロ波の電界方向に垂直な面（H面）が前記誘電体窓に対向し、マイクロ波の電界方向に平行な面（E面）が前記H面に対して垂直方向に伸び、かつマイクロ波導入側と反対側に前記H面およびE面に対して垂直に設けられたマイクロ波を反射する反射面を有する矩形形状の導波管と、を具備し、
前記誘電体窓は、その厚みをマイクロ波の波長の半波長の $n/2$ 倍（ n は整数）としたことを特徴とするマイクロ波励起プラズマ処理装置。
【請求項2】前記チャンバ内を前記プラズマ生成室と前記処理室に分ける金属製の拡散板を設け、この拡散板の厚み方向の開口を、プラズマ生成室側より反応室側で大きくすることを特徴とする請求項1記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置。
【請求項3】前記処理室内に設けられたマイクロ波を検知するためのマイクロ波検知手段と、
このマイクロ波検知手段からの信号を基に前記マイクロ波発振器から発するマイクロ波を制御するマイクロ波制御手段を有することを特徴とする請求項1乃至2のいずれかに記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置。
【請求項4】マイクロ波を発振するマイクロ波発振器と、
上部にプラズマ生成室、およびこのプラズマ生成室の下方に形成され、被処理部材が配置される処理室を有するチャンバと、
前記プラズマ生成室内に処理ガスを供給するためのガス供給管と、
前記チャンバの上壁部の開口に配置された誘電体窓と、
前記誘電体窓を含む前記チャンバの上壁部に配置され、
マイクロ波の電界方向に垂直な面（H面）が前記誘電体窓に対向し、マイクロ波の電界方向に平行な面（E面）が前記H面に対して垂直方向に伸び、かつマイクロ波導入側と反対側に前記H面およびE面に対して垂直に設けられたマイクロ波を反射する反射面を有する矩形形状の導波管と、を具備し、
前記導波管は、前記E面近傍の前記H面に2つのスリットが前記E面に沿って平行もしくはほぼ平行にそれぞれ開口し、前記導波管内側のスリット面積と前記導波管外側のスリット面積が異なるように切り口を傾斜させることを特徴とするマイクロ波励起プラズマ処理装置。

【請求項5】マイクロ波を発振するマイクロ波発振器と、
上部にプラズマ生成室、およびこのプラズマ生成室の下方に形成され、被処理部材が配置される処理室を有するチャンバと、
前記プラズマ生成室内に処理ガスを供給するためのガス供給管と、
前記チャンバの上壁部の開口に配置された誘電体窓と、
前記誘電体窓を含む前記チャンバの上壁部に配置され、
マイクロ波の電界方向に垂直な面（H面）が前記誘電体窓に対向し、マイクロ波の電界方向に平行な面（E面）が前記H面に対して垂直方向に伸び、かつマイクロ波導入側と反対側に前記H面およびE面に対して垂直に設けられたマイクロ波を反射する反射面を有する矩形形状の導波管と、を具備し、
前記導波管の前記チャンバ上に位置する部分は、マイクロ波入射側から前記反射面側に向かうにしたがって厚く形成したことを特徴とするマイクロ波励起プラズマ処理装置。
【請求項6】上記チャンバ内部を表面処理したことを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置。
【発明の詳細な説明】
【0001】
【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置や液晶用ガラス基板等の製造におけるエッチングやアッシングに用いられるマイクロ波励起プラズマ処理装置に関する。
【0002】
【従来の技術】従来のマイクロ波励起プラズマ処理装置としては、特開昭61-131454号公報に記載された構造のものが知られている。このプラズマ処理装置は、円筒状の開口部が多数形成された金属製の拡散板により上部にプラズマ生成室、およびこのプラズマ生成室の下方に形成され、被処理部材が配置される処理室を有するチャンバと、チャンバの上壁部の開口に配置された誘電体窓と、誘電体窓を含むチャンバの上壁部に配置され、マイクロ波の電界方向に垂直な面（H面）が誘電体窓に対向し、マイクロ波の電界方向と平行な面（E面）がH面に対して垂直方向に伸び、かつマイクロ波導入側と反対側にH面およびE面に対して垂直に設けられたマイクロ波を反射する反射面を有する矩形形状の導波管とを備え、誘電体窓に対向する導波管のH面部分にマイクロ波を誘電体窓を通してプラズマ生成室に導入するための開口部を設けた構造を有する。
【0003】上述したマイクロ波励起プラズマ処理装置において、マイクロ波をプラズマ生成室内に導入してプラズマを発生させる場合は、チャンバ内の気体を真空ポンプ等により真空引きし、処理ガスを供給してチャンバ内を一定圧力に保つ必要がある。従って、誘電体窓の厚

みは、チャンバ内の気体を真空引きした際に支えきれだけの強度が必要であり、その厚みは機械的強度から決定されていた。

【0004】また、導波管には、E面近傍のH面に切り口が垂直な2つのスリットがE面に沿って平行もしくはほぼ平行にそれぞれ開口され、且つスリットは反射面側ほど狭い幅を有している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来は、誘電体窓の厚みを機械的強度から決定しており、マイクロ波の透過性に関しては考慮されていなかった。このため、誘電体窓の厚さが透過するマイクロ波の波長の1/4の奇数倍付近の厚みであると、誘電体窓内部でのマイクロ波の反射率が大きくなり、結果としてマイクロ波の透過率が低下してしまう。従って、プラズマ生成室内に導入された処理ガスを電離させる効率が低下し、エッチングやアッシングなどの処理速度が遅くなるという問題があった。

【0006】また、拡散板の開口部が円筒状であると、衝突を繰り返しながらプラズマ生成室から処理室へ輸送される活性ガスの衝突が、開口部内でさらに激しくなり、活性ガスが再結合により失活し、加工速度が低下するという問題があった。

【0007】さらに、マイクロ波出力が強すぎた場合など、マイクロ波がプラズマに全て吸収されずに処理室まで達してしまい、被処理物に対してダメージを与えてしまうという不具合もあった。

【0008】さらに、スリットの切り口がE面に対して垂直であると導波管を構成する板厚によりマイクロ波に乱れが生じ、安定したプラズマ処理を行うことができなかった。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、マイクロ波を効率よくプラズマ生成室内に導入して、処理ガスも効率よく電離させることができ、かつ均一なプラズマを発生することが可能なマイクロ波励起プラズマ処理装置を提供しようとするものである。

【0010】請求項1に記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置は、マイクロ波を発振するマイクロ波発振器と、上部にプラズマ生成室、及びこのプラズマ生成室の下方に形成され、被処理部材が配置される処理室を有するチャンバと、プラズマ生成室内に処理ガスを供給するためのガス供給管と、チャンバの上壁部の開口に配置された誘電体窓と、誘電体窓を含むチャンバの上壁部に配置され、マイクロ波の電界方向に垂直な面（H面）が誘電体窓に対向し、マイクロ波の電界方向に平行な面（E面）が前記H面に対して垂直方向に伸び、かつマイクロ波導入側と反対側にH面およびE面に対して垂直に設けられたマイクロ波を反射する反射面を有する矩形状の導波管とを具備し、誘電体窓は、その厚みをマイクロ波の波長の半波長の $n/2$ 倍（ n は整数）としたことを特徴

とするものである。

【0011】本発明は、マイクロ波を効率よくプラズマ生成室内に導入して、処理ガスも効率よく電離させることができ、かつ均一なプラズマを発生することが可能なマイクロ波励起プラズマ処理装置を提供しようとするものである。

【0012】また、請求項2に記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置では、チャンバ内をプラズマ生成室と処理室に分ける金属製の拡散板を設け、この拡散板の厚み方向の開口を、プラズマ生成室側より反応室側で大きくした。

【0013】また、請求項3に記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置では、処理室内にマイクロ波検知手段を設け、このマイクロ波検知手段からの信号を基にマイクロ波発振器から発振されるマイクロ波出力を制御する制御手段を設けた。

【0014】本発明によれば、誘電体窓の厚みを透過するマイクロ波の波長の半波長の $n/2$ 倍（ n は整数）とすることで、マイクロ波の透過率を向上でき、処理ガスを効率よく電離させて均一なプラズマを発生させることで、処理室内に設置された被処理部材のエッチングやアッシングなどの処理を良好に行うことができる。

【0015】また、請求項4に記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置では、導波管のE面近傍のH面に2つのスリットをE面に沿って平行もしくはほぼ平行に設け、その切り口を、導波管内側のスリット面積と導波管外側のスリット面積が異なるように傾斜させている。

【0016】このような本発明によれば、マイクロ波の乱れを軽減し、広いマイクロ波出力範囲及び圧力範囲で安定したプラズマ処理を行うことができる。さらに、請求項5に記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置では、導波管のチャンバ上に位置する部分を、マイクロ波入射側から反射面側に向かうにしたがって厚く形成した。

【0017】このような本発明によれば、プラズマ生成室内へ導入されるマイクロ波の電界強度を均一化し、プラズマの分布を均一にする。また、請求項6に記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置では、チャンバ内部を表面処理している。このような本発明によれば、活性なガスが内壁と反応して腐食することを抑え、さらに活性なガスを失活させず、処理の経時変化が起きない。

【0018】

【実施の形態】以下、本発明の第1の実施の形態を図面を参照しながら説明する。図1は、ウェハ上のレジストのアッシングに適用されるダウンフロー型のマイクロ波励起プラズマ処理装置を示す該略図である。チャンバ1内は、水平方向に配置したメッシュ状の金属プレートからなる拡散板2によりプラズマ生成室3と処理室4とに上下に区画されている。さらに、チャンバ1内部はフッ素樹脂で表面処理を施してある。フッ素樹脂による表面処理の他には、アルマイト処理やダイヤモンドコーティ

ングを施しても良い。拡散板2につき詳述すると、図6に示すように、従来は円筒状の開口部であったのに対して、本実施の形態においては、図7に示すように、プラズマ生成室3側の開口より処理室4側の開口を大きくなる円錐形状にし、断面がテーパ状をなすように形成している。ガス供給管5は、チャンバ1上部のプラズマ生成室3の側壁を貫通する形で設けられている。被処理物ホルダ7は、図示しないRF（ラジオ波）バイアスやHe冷却機構を備えており、それぞれRF発振器、チラーに接続されている。排気管6は、処理室4が形成されたチャンバ1底部に設けられ、他端は図示しない真空ポンプのような排気系が連結されている。

【0019】石英ガラスからなる誘電体窓9は、チャンバ1の上壁部に形成された開口部10に設けられており、開口部10と誘電体窓9との間は図示しないOリングなどによりシールされる構造となっている。マイクロ波が導入される矩形波状の導波管8は、誘電体窓9を含むチャンバ1の上壁部に配置されている。導波管8は、図2および図3に示すように誘電体窓9に対向し、マイクロ波の電界方向に垂直な面（H面）と、H面に対して垂直方向に伸びるマイクロ波の電界方向に平行な面（E面）と、マイクロ波導入側と反対側にH面およびE面に対して垂直に設けられたマイクロ波を反射する反射面（短絡面；R面）とを有する。誘電体窓9と接する側のH面には、2つのスリット12a、12bがE面に沿ってそれぞれ開口されている。

【0020】誘電体窓9の厚みは、透過するマイクロ波の波長（ λ ：160mm）の半波長（ $\lambda/2$ ）の $n/2$ 倍（ n ：1）に相当する40mmとしている。次に、前述したマイクロ波励起プラズマ処理装置によりレジスト

パターンが表面に形成されたウエハをアッシングする方法を説明する。

【0021】まず、処理室4内の被処理物ホルダ7上にレジストパターンが表面に形成された液晶用ガラス基板11を設置する。図示しない真空ポンプを作動してチャンバ1内のガスを排気管6を通して排気する。同時に、処理ガス例えば酸素ガスと四フッ化炭素との混合ガスをガス供給管5を通してチャンバ1上部のプラズマ生成室3に供給する。チャンバ1内が所定圧力になった時点でマイクロ波を導波管8内に導入することによって、プラズマ生成室3にプラズマが発生する。発生したプラズマは拡散板2によりイオンが除去され、活性種が拡散板2の開口を通して処理室4に導入される。そして、プラズマ中の活性な酸素原子を、処理室4内の被処理物ホルダ7上に設置された液晶用ガラス基板11表面のレジストパターンと反応させ、レジストパターンを剥離するいわゆるアッシングがなされる。

【0022】この時、金属製の拡散板2が無い場合は、プラズマ中に存在する電子、イオンにより電氣的なダメージが発生したり、液晶用ガラス基板11が200度以

上加熱され、下地がエッチングされやすくなってしまふなどの不具合が生じる。このような不具合を防止するためにも拡散板2を設け、電子やイオンをカットし、さらに熱を遮断する必要があるが、図6に示すような従来の円筒状の開口部を有する拡散板であると、活性種を失活させてアッシング速度が遅くなってしまふ。そこで本実施の形態では、プラズマ生成室3側の開口より処理室4側の開口が大きくなるような円錐状の開口2a（断面テーパ状）とすることで、処理室4側の開口を広げることと、開口部2a中での活性種の失活を極力抑えることができるので、アッシング速度を高めることができる。実際、実用的に用いている3mmの厚みを有する拡散板2の場合、開口部2aを円錐状にすることで、アッシング速度を20%ほど高めることができる。

【0023】マイクロ波の導波管8内への導入において、図2および図3に示すように、図示しないマイクロ波発振器に接続された導波管8のH面には、幅を反射面（R面）に向かって狭くなるように階段状に変化した形状を有する2つのスリット12a、12bが開口されており、各スリット12a、12bにおいては、導波管8の反射面（R面）で反射される反射波と入射波との合成波が均一化されマイクロ波の電力を均一にしている。

【0024】マイクロ波は、誘電体窓9を透過してプラズマ生成室3内において供給されたガスを活性化してプラズマを発生するが、マイクロ波出力が強いと全てのマイクロ波がプラズマが吸収されず、処理室4へ供給され液晶用ガラス基板11に対してダメージを与えてしまうことがある。そこで、処理室4内の例えば被処理物ホルダ7にマイクロ波検知手段を設け（図示せず）、検知したマイクロ波が所定値以上に達した場合は、接続されたマイクロ波制御手段（図示せず）を介してマイクロ波発振器の出力を制御するようにしている。こうすることで、液晶用ガラス基板11へのダメージを極力抑えることができる。

【0025】本実施の形態において、誘電体窓9の厚みは以下のようにして決定している。まず、導波管8のH面に設けられたスリット12a、12bから放射されたマイクロ波の波長を λ_g とすると、誘電体窓9中のマイクロ波の波長 λ は

【0026】

【数1】

$$\lambda = \lambda_g / \sqrt{\epsilon}$$

で表される。ここで ϵ は誘電体窓9の比誘電率とする。そして、誘電体窓9の厚みは誘電体窓9中のマイクロ波波長 λ の半波長 $\lambda/2$ の $n/2$ 倍（ n は整数）付近の厚み、例えば石英ガラスであれば約40mm、アルミナセラミックスであれば約25mmに設定している。このように、誘電体窓9の厚みを誘電体窓9中のマイクロ波波長 λ の半波長（ $\lambda/2$ ）の $n/2$ 倍（ n は整数）とすると、マイクロ波を効率よく透過させることができ、プラ

ズマへの吸収を効率よく行え、広い圧力範囲に亘って安定したプラズマを発生させることができる。

【0027】事実、次のような実験により本発明のマイクロ波励起プラズマ処理装置が従来のマイクロ波励起プラズマ処理装置に比べて広い圧力範囲に亘って安定したプラズマを発生し、かつ均一なプラズマをプラズマ生成室内に発生できることを確認した。

【0028】(実験例1)誘電体窓9として石英ガラスを用い、圧力が14Pa、20Pa、40Pa、60Paの場合それぞれに対して、石英ガラスの厚みを波長 λ の $1/4$ ($\lambda/4:20\text{mm}$)と波長 λ の $1/2$ ($\lambda/2:40\text{mm}$)とした場合で、マイクロ波反射電力をマイクロ波入射電力を変化させて測定した。その結果を図4に示す。厚み20mmの場合(図4(a))はどの圧力においても反射波が大きく発生するが、厚み40mmの場合(図4(b))はどの圧力においても反射波がほとんど発生しておらず、広い圧力範囲において安定した放電状態を得ることができることが分かる。

【0029】(実験例2)誘電体窓9としてアルミナを用い、圧力が35Pa、50Pa、65Paの場合それぞれに対して、負荷反射係数とアルミナ窓厚との関係を調べ、その結果を図5に示す。この図5を見て明らかに、アルミナの厚みを波長 λ の $1/2$ にほぼ相当する25mmの場合に負荷反射係数が小さくなっており、安定した放電を得ることができることが分かる。

【0030】従って、本発明のマイクロ波プラズマ処理装置においては、広い圧力範囲において安定した放電状態を得ることができる。上記実施の形態では、マイクロ波検知手段を被処理物ホルダ7に設けたが、処理室内であれば良い。

【0031】次に、本発明の第2の実施の形態につき図7を参照しながら説明する。本実施の形態と上記第1の実施の形態で異なるところはスリットである。本実施の形態では、図7に示すようにスリット21の導波管8内側の面積が導波管8外側の面積より小さくなるようにスリット21の切り口に傾斜を設けた点である。

【0032】このように、スリット21の切り口に導波管8内側から外側に向けて広がるような傾斜を設けることで、放射されるマイクロ波に乱れを生じさせることを極力抑え、広い出力範囲及び圧力範囲において安定したプラズマ処理を行うことが可能となる。

【0033】さらに、本発明の第3の実施例につき図8を参照しながら説明する。本実施の形態と上記第1の実施例の形態とで異なるところは導波管である。本実施の形態では、図8に示すように、チャンバ1上に位置する導波管8aの厚みを、マイクロ波導入側(図中左側)から反射面側(図中右側)に向かって厚くしている点であ

る。このような形状にすることで、放射されるマイクロ波の量をプラズマ生成室4内で均一にすることができる。

【0034】

【発明の効果】以上詳述したように、請求項1に係わるマイクロ波励起プラズマ処理装置によれば、マイクロ波出力および圧力共に広い範囲で安定したプラズマをプラズマ生成室内に発生でき、かつ均一なプラズマを前記プラズマ生成室内に発生でき、ひいてはアッシングやエッチングを効率よく行うことができるなど顕著な効果を奏する。

【0035】また、請求項2に係わる発明では、活性種の失活を極力抑え、処理速度を高めることが可能となる。また、請求項3に係わる発明では、マイクロ波の透過率を向上でき、処理ガスを効率よく電離させて均一なプラズマを発生させ、エッチングやアッシングなどの処理を良好に行うことが可能となる。

【0036】また、請求項4に係わる発明では、マイクロ波の乱れを軽減し、広いマイクロ波出力範囲及び圧力範囲で安定したプラズマ処理を行うことができる。さらに、請求項5に係わる発明では、プラズマ生成室内へ導入されるマイクロ波の電界強度を均一化し、プラズマの分布を均一にする。また、請求項6にかかる発明では、活性なガスが内壁と反応して腐食することを抑え、さらに活性なガスを失活させず、処理の経時変化が起きない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態のダウンフロー型のマイクロ波励起プラズマ処理装置を示す該略図。

【図2】図1の要部断面図。

【図3】図1の導波管を示す部分切欠斜視図。

【図4】(a)は実験例1における石英ガラスを20mmとした場合の結果を示す図で、(b)は40mmの場合の結果を示す図。

【図5】実験例2における結果を示す図。

【図6】(a)は従来技術における拡散板を示す図で、(b)は本発明における拡散板を示す図。

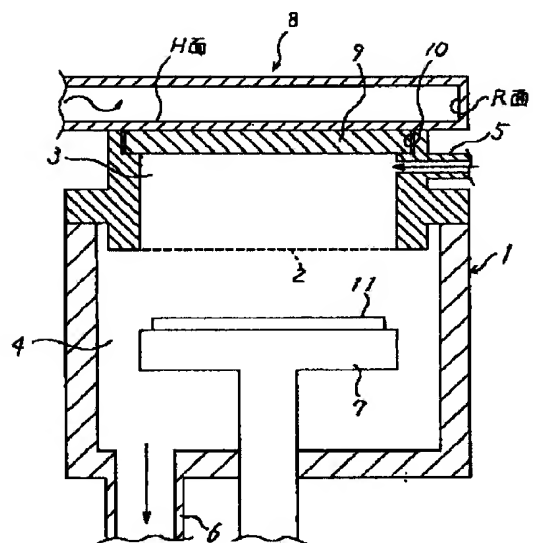
【図7】本発明の第2の実施の形態を示すマイクロ波励起プラズマ処理装置の一部拡大断面図。

【図8】本発明の第3の実施の形態を示すマイクロ波励起プラズマ処理装置の該略図。

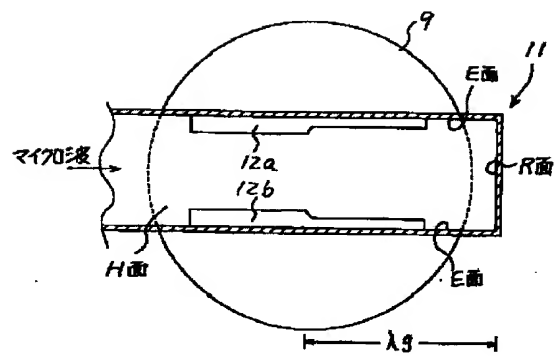
【符号の説明】

1・・・チャンバ、2・・・拡散板、3・・・プラズマ生成室、4・・・処理室、5・・・ガス供給管、6・・・排気管、7・・・被処理物ホルダ、8・・・導波管、9・・・誘電体窓、10・・・開口部、11・・・液晶用ガラス基板。

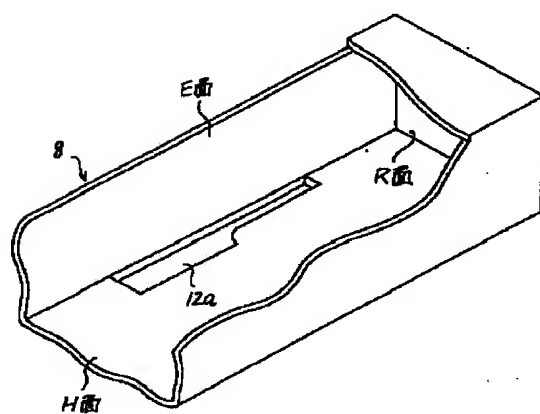
【図 1】



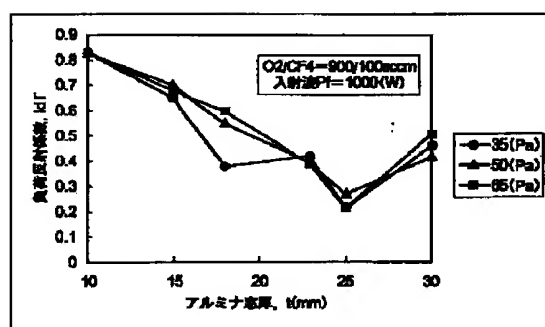
【图2】



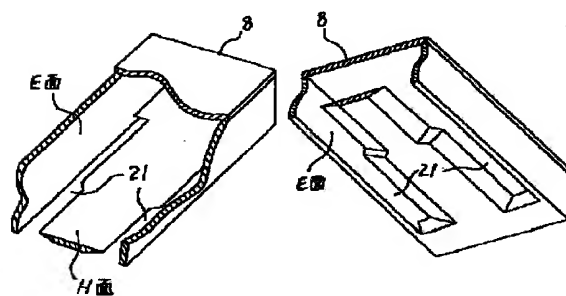
【図3】



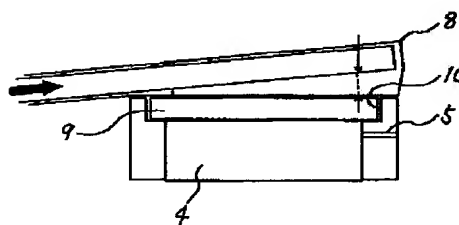
【図5】



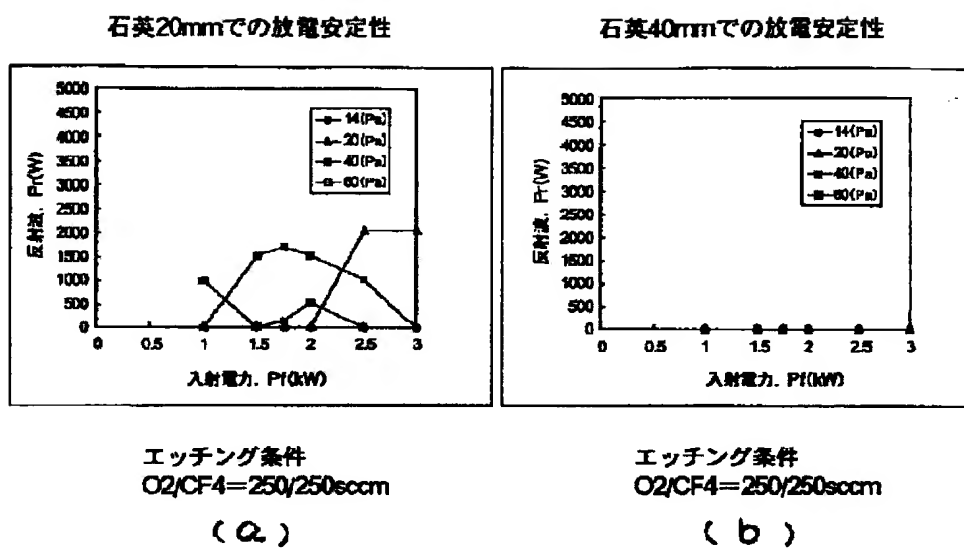
【図 7】



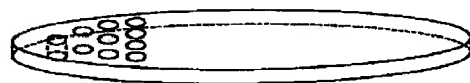
【図8】



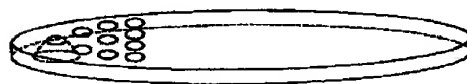
【図4】



【図6】



(a)



(b)